

KONSENTRASI TIMBAL (Pb) PADA PITA TAHUNAN KARANG *Porites lutea* DI PULAU TUNDA, BANTEN

PLUMBUM (Pb) CONCENTRATION IN ANNUAL BANDS OF CORAL *Porites lutea* AT TUNDA ISLAND, BANTEN

Riska^{1*}, Neviaty P. Zamani², Tri Prartono³, dan Ali Arman⁴

¹Sekolah Pasca Sarjana, Program Studi Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor

*E-mail: riska05071991@gmail.com

^{2,3}Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, FPIK-IPB, Bogor

⁴Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN

ABSTRACT

Coral is one of marine organisms that can accumulate heavy metals such as Pb in its skeleton. The purpose of this study was to determine the concentration of heavy metals Pb in growth bands of coral *P. lutea* at windward and leeward regions of Tunda Island. The results showed that *P. lutea* accumulated heavy metals Pb in their growth bands. The results of Pb concentrations in windward region were in range of 6.17-14.76 mg kg⁻¹/year, with the average concentration rate of 9.69 mg kg⁻¹/year. Meanwhile, in leeward region, the Pb concentrations were in range of 8.37-17.66 mg kg⁻¹/year with the average concentration rate of 13.33 mg kg⁻¹/year. The Pb concentration in leeward regions was higher than in the windward region.

Keywords: heavy metal Pb, coral *P. lutea*, Tunda Island

ABSTRAK

Karang merupakan salah satu jenis organisme perairan laut yang dapat mengakumulasi logam berat seperti Pb pada kerangkanya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi logam berat Pb berdasarkan lingkaran tahun pertumbuhan karang *P. lutea* di Pulau Tunda baik pada daerah *windward* maupun daerah *leeward*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karang *P. lutea* mampu untuk mengakumulasi logam berat Pb pada setiap lingkaran tahun pertumbuhannya. Hasil pengukuran konsentrasi Pb di daerah *windward* berkisar antara 6,17-14,76 mg kg⁻¹/tahun, dengan konsentrasi rata-rata 9,69 mg kg⁻¹/tahun, sedangkan pada daerah *leeward* berkisar antara 8,37-17,66 mg kg⁻¹/tahun, dengan konsentrasi rata-rata 13,33 mg kg⁻¹/tahun. Konsentrasi logam yang berada di daerah *leeward* lebih tinggi dibanding daerah *windward*.

Kata kunci: logam berat Pb, karang *P. lutea*, Pulau Tunda

I. PENDAHULUAN

Laut merupakan tempat bermuaranya aliran air dari daratan. Hal ini menjadikan laut sebagai tempat terkumpulnya berbagai zat pencemar yang dibawa oleh aliran air. Limbah-limbahnya ini terbawa ke laut dan selanjutnya mencemari laut (Yanney, 2001). Logam berat merupakan salah satu unsur pencemar perairan yang bersifat toksik dan harus terus diwaspadai keberadaannya. Pencemaran logam berat dapat menyebabkan terjadinya perubahan struktur komunitas perairan

(Guzman dan Jimenez, 1992), jaringan makanan (Darmono, 1995), tingkah laku (Ali *et al.*, 2010), efek fisiologi (Chan *et al.*, 2014), genetik dan resistensi (Abelson *et al.*, 2005). Berbeda dengan jenis logam lainnya, logam Pb dapat menimbulkan efek pada makhluk hidup. Logam berat dapat menjadi bahan racun yang akan meracuni tubuh makhluk hidup (Palar, 2008). Logam berat timbal (Pb) adalah polutan di laut yang sangat berbahaya (Rompas, 2010).

Karang telah banyak digunakan sebagai indikator perubahan lingkungan karena

lebih peka terhadap perubahan fisik dan kimia lingkungan laut (Guzman dan Jimenez, 1992; Al-Rousan *et al.*, 2007; Jayaraju *et al.*, 2009). Perubahan ini terlihat dalam kesehatan dan fisiologi polip karang (Esselemont, 1999; Chan *et al.*, 2014) dan karakteristik fisik-kimia pada skeletannya (Abelson *et al.*, 2005). Selain itu, pita pertumbuhan kerangka karang Scleractinia telah diakui berguna dalam waktu-kewaktu untuk melihat variasi nutrient dalam air laut dan polutan yang masuk ke lingkungan laut sebagai hasil dari aktivitas manusia seperti perindustrian atau limbah buangan organik (Edinger *et al.*, 2008). Logam akan terdeposit dalam kerangka karang sebagai akibat dari penggabungan struktural aragonit, inklusi bahan partikulat dalam kerangka, dan adsorpsi pada permukaan kerangka (David, 2003; Al-Rousan *et al.*, 2007). Logam ini akan tetap tertanam selamanya di kerangka karang karena pertumbuhan baru akan menutupi kerangka yang lama (Pastorokand dan Bilyard, 1985; Ali *et al.*, 2010). Kelimpahan logam berat seperti Hg, Pb, Cd, Mn, Cu, Zn dan lain-lain, dalam kerangka karang mencerminkan pada pengaruh antropogenik atau terestrial pada lingkungan laut seperti polusi industri dan limbah yang mungkin diangkut dan didistribusikan oleh arus (Shen *et al.*, 1987; Shen dan Boyle, 1988; Guzman dan Jimenez, 1992; Ramos *et al.*, 2004; Chan *et al.*, 2014). Beberapa kronologi karang Scleractinia seperti *Porites* telah mampu mendeteksi perubahan lingkungan dengan skala waktu yang singkat melalui skeletannya (Shen *et al.*, 1987; Shen dan Boyle, 1988; Guzman dan Jimenez, 1992; David, 2003). Jenis karang ini memiliki *annual banding* yang terlihat lebih jelas sehingga memudahkan saat proses analisis lingkaran tahunannya (Chen *et al.*, 2010; Mokhtar *et al.*, 2012).

Jumlah polutan yang masuk keperairan, kadar dan jenisnya tergantung pada jumlah dan aktivitas industri. Secara alamiah unsur logam berat memang terdapat dalam air laut, namun dalam jumlah yang rendah berkisar antara 10^{-5} - 10^{-2} ppm (Richmond, 1993).

Kadar ini dapat meningkat bila limbah yang banyak mengandung unsur logam berat masuk kedalam lingkungan laut. Respon utama terumbu karang terhadap peningkatan kadar logam berat Pb pada beberapa penelitian yang telah dilakukan yaitu: stres fisiologis (Harldan dan Brown, 1989); penghambatan fertilisasi karang dan mengurangi keberhasilan reproduksi, menurunnya kelangsungan hidup larva, perubahan populasi dan pertumbuhan zooxanthellae (Sabdon, 2009); perubahan laju fotosintesis mengakibatkan penurunan kalsium karbonat karang (Harldan dan Brown, 1989; Falkowski *et al.*, 1990), peningkatan pemutihan karang, meningkatnya kematian karang dan menurunkan karang hidup (Mitchelmore *et al.*, 2007; Sabdon, 2009). Meskipun logam berat menimbulkan berbagai efek terhadap perubahan lingkungan perairan, penelitian mengenai logam berat pada kerangka kapur juga masih sangat minim, khususnya di kawasan perairan Indonesia. Penelitian yang banyak dilakukan umumnya mengenai pencemaran logam berat yang ada pada sedimen dan air laut. Penelitian yang dilakukan oleh Bahtiar (2008) pada kerangka kapur karang hanya menganalisis dinamika fluktuasi kandungan logam dalam perekaman skeleton karang masif selama 10 tahun terakhir. Setiap jenis terumbu pun memiliki laju kalsifikasi tertentu setiap tahunnya, sehingga fluktuasi konsentrasi logam yang dianalisis juga bervariasi (Felis dan Patzold, 2004). Bastidas dan Garcia (2004) mengungkapkan bahwa keberadaan logam berat pada skeleton terumbu karang merupakan hasil dari detoksifikasi hewan karang tersebut. Hewan karang akan mengeluarkan logam berat di dalam sel tubuhnya ke zooxanthellae-nya dan skeleton kapurnya.

Aktivitas antropogenik seperti kegiatan perindustrian di wilayah Teluk Banten, berkembangnya isu-isu degradasi lingkungan di sekitar kawasan industri, potensi pencemaran lingkungan baik dari limbah cair, gas/udara, dan padatan, diduga telah mengubah kualitas perairan setiap tahun, seperti yang terjadi di perairan Pulau Tunda, di sebelah

utara Teluk Banten. Informasi mengenai penyebaran kandungan logam berat Pb di Pulau Tunda saat ini belum banyak diketahui, oleh karena itu penelitian akan menyajikan record pencemaran logam berat Pb dari karang *P. lutea* setiap tahunnya untuk menentukan konsentrasi polutan pada setiap lingkaran tahun pertumbuhan karang, sehingga kita bisa melihat kondisi perairan Pulau Tunda dari masa lampau hingga saat ini, baik pada daerah yang menghadap angin sehingga lebih terekspos oleh ombak (*windward*) maupun pada daerah yang terlindung oleh angin dan ombak (*leeward*).

II. METODE PENELITIAN

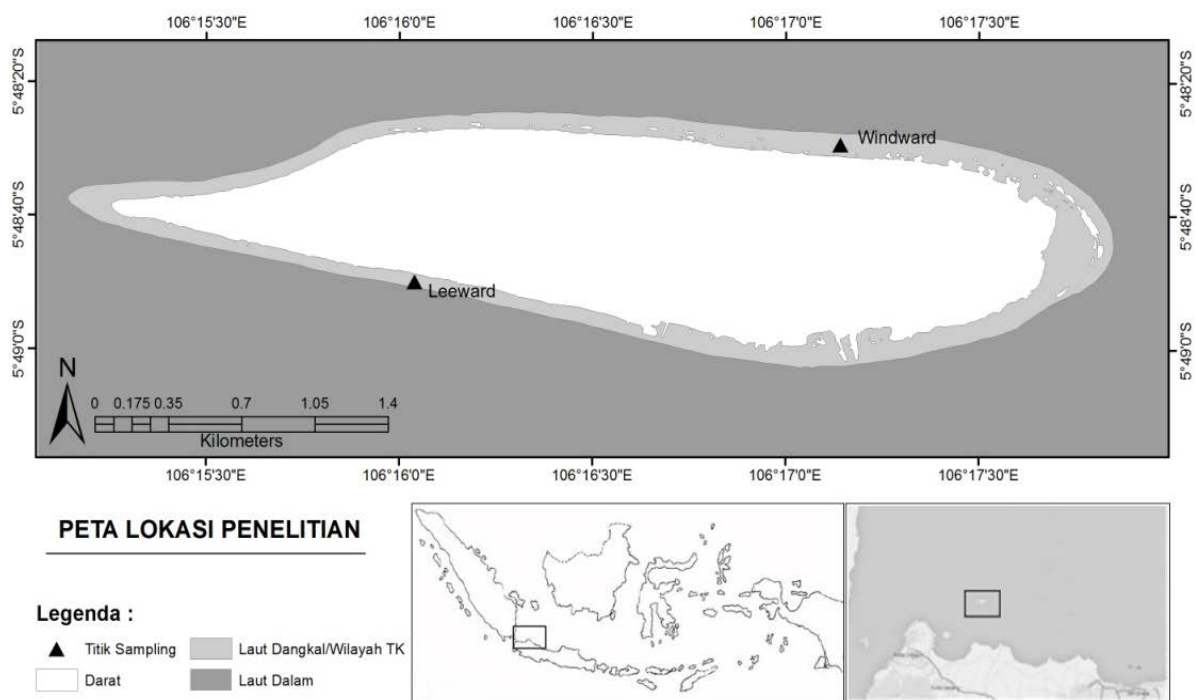
2.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Pengambilan sampel karang dilakukan pada bulan Agustus 2014 di perairan Pulau Tunda, Kabupaten Serang, Propinsi Banten (Gambar 1) yang berada di sebelah utara Teluk Banten.

Analisis lingkaran tahun untuk melihat lapisan pita pertumbuhan linear karang dilaku-

kukan pada September – Desember 2014 di Laboratorium Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN), Jakarta. Analisis logam Pb yang terdapat pada pita pertumbuhan karang dilakukan pada Januari 2015 di Laboratorium Pengujian Produktivitas dan Lingkungan Perairan (ProLing) Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB. Data primer diperoleh dari pengamatan dan pengukuran di lapangan maupun di laboratorium, sedangkan data sekunder diperoleh dari instansi terkait.

Sampel yang digunakan untuk analisa pita pertumbuhan tahunan dan logam Pb: *core* karang masif, bahan kimia untuk perlakuan di laboratorium seperti H_3PO_4 , HNO_3 , HCl , H_2O_2 , nitrogen cair, alkohol dan aseton. Peralatan yang digunakan untuk kegiatan lapangan adalah: peralatan selam scuba, pengebor karang, caliper (jangka sorong), dan kamera Nikonus V. Peralatan untuk analisis lingkaran tahun karang menggunakan alat rontgen di Laboratorium Kesehatan Nuklir,



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel di perairan Pulau Tunda.

BATAN, Jakarta. Untuk pengukuran polutan logam berat (anorganik) menggunakan metode *Neutron Activation Analysis* (NAA) memakai fasilitas nuklir G.A. Siwabessy P2TR dan juga Spektrometer gamma dengan detektor *High Purity Germanium* (HPGe) yang dilengkapi *Multi Channel Analyzer* (MCA). Pendeteksian konsentrasi logam Pb dilakukan dengan *Atomic Absorbance Spectrometer* (AAS) (APHA, 2012).

Lokasi penelitian yang dijadikan titik sampling ditentukan berdasarkan sebaran karang *P. lutea* dan kondisi perairan pulau. Titik sampling terdiri atas 2 stasiun yang dianggap telah mewakili lokasi penelitian, di bagian *windward* (utara) yang mewakili perairan terbuka pada posisi 05°48'27,5" LS dan 106°17'02,8" BT dan *leeward* (selatan) yang terlindungi oleh pulau pada posisi 05°49'00,9" LS dan 106°16'47,3" BT.

Windward yaitu sisi yang menghadap arah datangnya angin. Perairan ini diawali oleh reef slope atau lereng terumbu yang menghadap ke arah laut lepas. Di reef slope, kehidupan karang melimpah pada kedalaman sekitar 50 meter dan umumnya didominasi oleh karang lunak. Namun, pada kedalaman sekitar 15 meter sering terdapat teras terumbu atau reef front yang memiliki kelimpahan karang keras yang cukup tinggi dan karang tumbuh dengan subur. Perairan yang terbuka (*windward*) memiliki ombak yang lebih besar, yang tentunya akan mempengaruhi kehidupan karang. Pengaruh ombak dan arus yang kuat pada perairan *windward* memungkinkan karang *P. lutea* memperoleh oksigen banyak. Disamping itu ombak atau arus juga dapat menghambat terjadinya sedimentasi yang merupakan salah satu indikasi terjadinya pencemaran (Bastidas dan Gracia, 1999).

Leeward merupakan sisi yang membelakangi arah datangnya angin. Perairan ini umumnya memiliki hamparan terumbu karang yang lebih sempit daripada *windward reef* dan memiliki bentangan goba (lagoon) yang cukup lebar. Pada perairan yang terlindung (*leeward*) tidak sebesar ombak yang ada di daerah *windward*, baik pada musim

barat maupun musim timur, sehingga memungkinkan untuk terjadinya penumpukan bahan-bahan pencemar di perairan karena tidak mengalami gangguan akibat ombak dan arus yang besar, dan terjadinya partumbuhan karang yang kondisinya kurang ideal karena kombinasi faktor gelombang dan sirkulasi air yang lemah serta sedimentasi yang lebih besar.

2.2. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan pada kedalaman 3-5 m dengan menggunakan alat bor tangan *pneumatic* yang dihubungkan ke tabung udara selam untuk menggerakkan pipa *stainless steel* yang diujungnya terpasang mata bor. Diameter dari bor adalah 5 cm dan panjang 50 cm, serta dapat diperpanjang menggunakan sambungan hingga 5 m. Terumbu karang dibor pada bagian tengahnya secara vertikal untuk mendapatkan arah dan laju pertumbuhan yang kontinyu (Arman *et al.*, 2013).

Sampel yang diperoleh dicuci dengan air tawar kurang lebih 1 jam untuk membersihkan butir-butir halus dari karang serta sisa-sisa organisme lain yang menempel pada sampel karang. Sampel kemudian dikeringkan dan dibawa ke Laboratorium Kelautan, Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi BATAN untuk dianalisis. Sampel kemudian dipotong menjadi bentuk lempengan, memanjang dari atas kebawah dengan ketebalan 5 mm menggunakan alat *Diamond Saw*/ pemotong keramik. Selanjutnya sampel dianalisis dengan radiografi sinar-X di Laboratorium Uji Tak Merusak (*Non-Destructive Test*) (Susetyo, 1984; Arman *et al.*, 2013), Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi BATAN untuk mengetahui arah umur pertumbuhan linearnya.

Setelah dianalisis pita pertumbuhan linearnya, selanjutnya setiap lingkaran tahun pertumbuhan diambil sampel kapurnya dengan cara digerus dengan menggunakan *millling machine*. Selanjutnya dimasukkan ke dalam plastik polietilen dan dibawa ke Laboratorium Pengujian Produktivitas dan Lingku-

ngan Perairan (ProLing) Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB untuk dianalisis logam Pb menggunakan AAS (APHA, 2012).

2.3. Analisis Pita Pertumbuhan Karang

Analisis lingkaran tahun untuk menentukan pita pertumbuhan dan umur karang ditentukan dengan cara melakukan proses foto dengan menggunakan x-ray terhadap potongan terumbu dengan MPCH X-ray berkekuatan 50 kVp, dengan periode 12 detik dan jarak fokus 1 meter (Gambar 2). Hasil dari proses ini adalah film X-ray hitam-putih, yang kemudian difoto reproduksi dengan kamera digital selanjutnya diubah menjadi format digital menggunakan *scanner film* positif (IAEA, 1992). Hasil *scanner* dianalisis dengan *software Image-J* untuk menentukan lingkaran tahunan untuk melihat umur karang. Setelah mendapatkan data lingkaran tahunan (*annual band*) dari proses penyinaran X-Ray, data tersebut dianalisis dengan menggunakan *software Coral XDS* (Helmle *et al.*, 2002) untuk menentukan arah, umur, laju pertumbuhan pada karang *porites*. Untuk mendapatkan umur karang berdasarkan lingkaran tahun pertumbuhan yang lebih akurat juga dapat digunakan *software Image-J*.

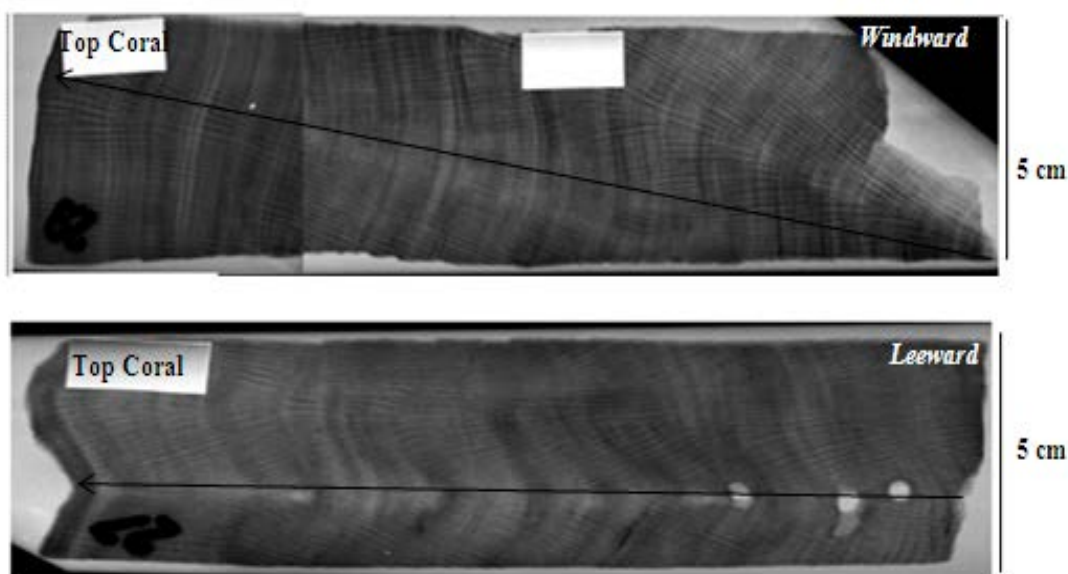
2.4. Analisis Logam Pb

Konsentrasi Pb dianalisis menggunakan AAS dengan metode APHA (2012). Sampel karang yang telah digerus sebanyak 5 gr di asamkan dengan menggunakan 5 ml HNO_3 , kemudian diaduk. Sampel yang telah diaduk dimasukkan pada gelas ukur 100 ml kemudian ditambahkan 5 ml HCl dan dipanaskan pada *steam bath* selama 15 menit. Kemudian sampel tersebut disaring menggunakan kertas saring (polycarbonate) dengan ukuran 0,40-0,45 μm dan ditambahkan 100 ml aquadest, di aduk kembali dan dianalisis dengan AAS *Pin Aacle* 900 H dengan deteksi limit 0,001 mgkg^{-1} (APHA, 2012). Analisis kandungan logam Pb yang terekam di dalam terumbu karang juga dilakukan perlokasi-lokasi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Pita Pertumbuhan Karang

Garis tahunan yang terdapat pada karang *P. lutea* (Gambar 2) dapat dijadikan sebagai acuan dalam menentukan laju pertumbuhan linier, umur karang, dan melihat perubahan lingkungan yang terjadi dan juga yang terekam pada kerangka terumbu yang diteliti tersebut.



Gambar 2. Contoh foto X-ray sampel terumbu karang.

Hasil penelitian Lalang *et al.* (2014) dengan menggunakan foto X-Ray dan Coral XDS (Gambar 2) menunjukkan bahwa sampel terumbu karang pada daerah *windward* memiliki 75 lingkaran tahun, sehingga dari sampel ini dapat ditarik kronologis lingkungan dari tahun 2014 hingga tahun 1940. Ukuran koloni dari sampel terumbu karang ini lebih besar dari pada sampel yang diambil dari daerah *leeward*, dengan jumlah lingkaran tahun yang lebih sedikit. Sampel terumbu karang pada daerah *leeward* memiliki 46 lingkaran tahun, sehingga dapat memberikan kronologis polutannya dari tahun 1969. Hasil analisis dengan menggunakan foto X-Ray pada potongan sampel terumbu karang menunjukkan jumlah dan lebar dari pita lingkaran tahun (Gambar 2), dimana satu lingkaran tahun terdiri dari sepasang pita gelap dan terang. Pita gelap menunjukkan musim kering, sementara pita terang menunjukkan musim hujan (Barnes *et al.*, 2003; Felis dan Patzold, 2004). Pertumbuhan terumbu karang dapat menunjukkan kesehatan metabolisme terumbu karang. Pada Gambar 2 terlihat adanya arah pertumbuhan terumbu karang yang tegak lurus dari bawah hingga permukaan karang. Sampel terumbu karang dari Pulau Tunda menunjukkan jejak kronologis yang masih cukup baik dimana perbedaan musim kering dan hujan masih terlihat jelas.

3.2. Kandungan Logam Berat Pb pada *Windward* dan *Leeward*

Logam masuk ke kerangka karang melalui tiga bentuk cara: terlarut, partikel dan dari sumber makanan melalui bioakumulasi (Howard dan Brown, 1984). Sebagian besar logam berat masuk ke dalam tubuh organisme laut melalui rantai makanan, hanya sedikit yang diambil langsung dari air. Akumulasi terjadi karena logam berat dalam tubuh organisme cenderung membentuk senyawa kompleks dengan zat-zat organik yang terdapat dalam tubuh organisme. Dengan demikian terfiksasi dan tidak diekskresikan oleh organisme yang bersangkutan (Kunarso dan Ruyitno, 1991). Logam yang terakumulasi

pada kerangka kapur karang menyebabkan rangka kapur menjadi rapuh dan lebih sensitif terhadap tekanan fisik (Peng *et al.*, 2006). Akan tetapi, alga simbiotik dalam endoderm karang memiliki toleransi yang lebih tinggi terhadap logam dan diduga menjadi tempat penimbunan logam pada karang. Logam Pb yang didepositkan pada terumbu telah mengalami biokonsentrasi oleh hewan karang, dimana konsentrasinya dapat dilihat pada Tabel 1.

Konsentrasi logam Pb di perairan yang terus mengalami peningkatan mengindikasikan adanya peningkatan sumber logam baik dari laut itu sendiri maupun dari daratan. Grafik fluktuasi kandungan logam pada terumbu daerah *windward* dan *leeward* dapat dilihat pada Gambar 3.

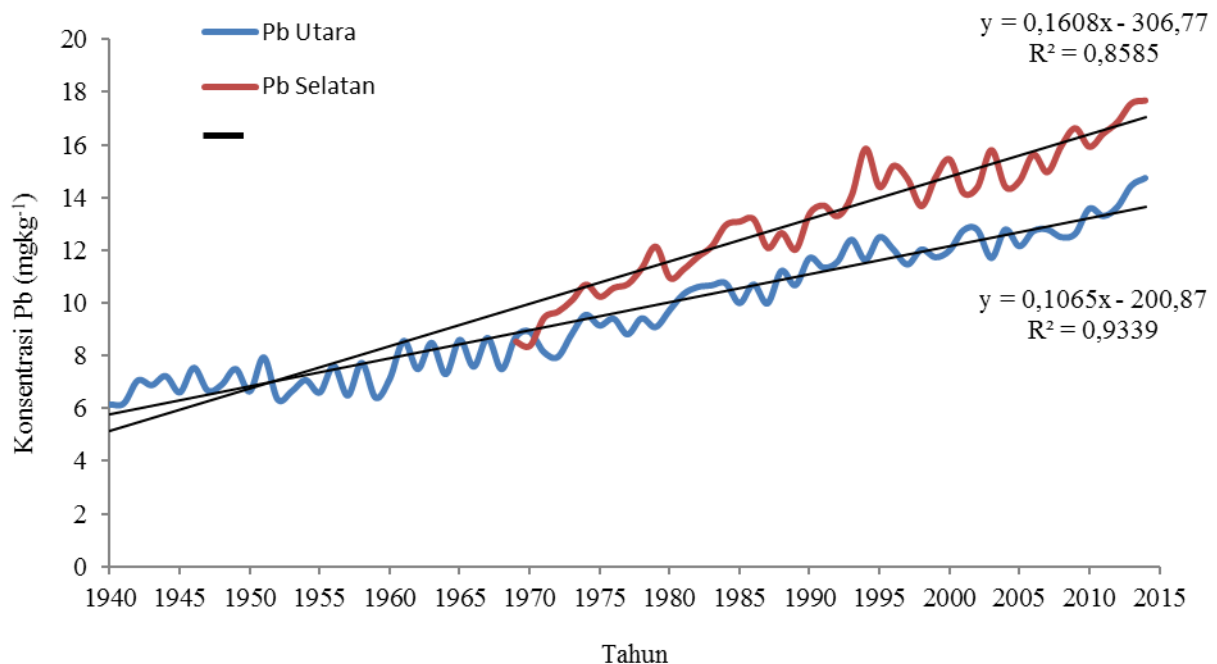
Tabel 1 menunjukkan konsentrasi logam Pb yang terekam pada kerangka kapur *P. lutea* di daerah *windward* sejak tahun 1940 hingga 2014 dan *leeward* yang dimulai pada tahun 1969 hingga 2014. Gambar 4 menunjukkan konsentrasi Pb daerah *windward* yang memiliki perbedaan yang signifikan dengan nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,93$ selama 75 tahun. Hasil pengukuran konsentrasi timbal dalam kurun waktu 75 tahun berkisar antara 6,17-14,76 mgkg⁻¹/tahun, dengan konsentrasi rata-rata 9,69 mgkg⁻¹/tahun. Konsentrasi logam yang terekam pada daerah *leeward* juga cenderung mengalami peningkatan setiap tahun selama 46 tahun (1969-2014) dengan kisaran sebesar 8,37-17,66 mgkg⁻¹/tahun, dengan konsentrasi rata-rata 13,33 mgkg⁻¹/tahun dan koefisien determinasi $R^2 = 0,86$. Logam Pb merupakan salah satu jenis logam yang banyak ditemukan di lingkungan laut akibat banyaknya aktivitas manusia. Limbah Pb kemungkinan berasal dari pembuangan limbah perkotaan. Di daerah pesisir Pb dapat berasal dari limbah domestik dan limbah yang terkontaminasi dengan industri, mengingat di pesisir Banten telah banyak kegiatan perindustrian yang berkembang sekarang ini. Peningkatan logam yang lebih fluktuatif juga diduga karena pengaruh musim sehingga peningkatan kon-

sentrasi lebih bervariasi.

Konsentrasi Pb yang terus mengalami peningkatan dari tahun-tahun sebelumnya cenderung mempengaruhi proses kalsifikasi karang. Setiap jenis terumbu memiliki laju kalsifikasi tertentu setiap tahunnya, sehingga fluktuasi konsentrasi logam yang dianalisis juga bervariasi (Fallon *et al.*, 2002). Peningkatan konsentrasi logam tersebut secara tidak langsung juga mempengaruhi laju pertumbuhan karang *Porites lutea* tersebut, sesuai dengan pernyataan Lalang *et al.* (2014) bahwa laju pertumbuhan karang baik *windward* maupun *leeward* Pulau Tunda juga mengalami penurunan yang tidak berbeda nyata.

Konsentrasi logam di perairan yang terus mengalami peningkatan mengindikasikan adanya peningkatan sumber logam baik dari laut itu sendiri maupun dari daratan pulau dan sekitar pulau itu sendiri seperti

pesisir Teluk Banten. Banyaknya sumber yang memberikan kontribusi bagi pembuangan logam Pb dilaut, sulit untuk menentukan masukan logam kedalam air dari masing-masing sumber. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilihat semua sumber-sumber potensial dari kegiatan di sepanjang garis pantai yang berkontribusi pada peningkatan konsentrasi logam dilaut. Sumber alami dan antropogenik dari logam berat mungkin termasuk, masukkan limbah banjir dari pesisir Banten yang membawa bahan teresterial ke perairan, sedimentasi yang disebabkan oleh konstruksi pesisir dan pengerukan di pesisir Banten, penambangan di sebelah utara Pulau Tunda, tumpahan minyak, industri pembuangan (pupuk, plastik), limbah padat, cat antifouling bisa menjadi salah satu sumber Pb di perairan tersebut yang terbawa oleh arus.



Gambar 3. Konsentrasi logam Pb yang terekam pada setiap lingkaran tahunan karang *Porites lutea* daerah *windward* dan *leeward*.

Tabel 1. Konsentrasi logam Pb yang terakumulasi pada pita tahunan karang *Porites lutea* di Pulau Tunda

No	Tahun	Konsentrasi Pb (mgkg ⁻¹ /tahun)		No	Tahun	Konsentrasi Pb (mgkg ⁻¹ /tahun)	
		<i>Windward</i>	<i>Leeward</i>			<i>Windward</i>	<i>Leeward</i>
1	2014	14,76	17,66	39	1976	9,43	10,57
2	2013	14,47	17,54	40	1975	9,17	10,23
3	2012	13,66	16,83	41	1974	9,57	10,69
4	2011	13,32	16,41	42	1973	8,83	10,10
5	2010	13,61	15,91	43	1972	7,97	9,67
6	2009	12,65	16,61	44	1971	8,17	9,44
7	2008	12,52	15,95	45	1970	8,94	8,38
8	2007	12,81	14,95	46	1969	8,72	8,53
9	2006	12,75	15,62	47	1968	7,51	
10	2005	12,18	14,61	48	1967	8,70	
11	2004	12,81	14,39	49	1966	7,61	
12	2003	11,73	15,78	50	1965	8,63	
13	2002	12,80	14,38	51	1964	7,32	
14	2001	12,78	14,15	52	1963	8,51	
15	2000	12,01	15,44	53	1962	7,52	
16	1999	11,76	14,75	54	1961	8,59	
17	1998	12,05	13,66	55	1960	7,14	
18	1997	11,49	14,69	56	1959	6,43	
19	1996	12,05	15,19	57	1958	7,75	
20	1995	12,52	14,39	58	1957	6,51	
21	1994	11,65	15,84	59	1956	7,63	
22	1993	12,43	14,06	60	1955	6,63	
23	1992	11,59	13,28	61	1954	7,10	
24	1991	11,36	13,68	62	1953	6,67	
25	1990	11,73	13,38	63	1952	6,36	
26	1989	10,70	12,02	64	1951	7,96	
27	1988	11,24	12,65	65	1950	6,67	
28	1987	10,01	12,08	66	1949	7,52	
29	1986	10,73	13,16	67	1948	6,93	
30	1985	10,02	13,08	68	1947	6,70	
31	1984	10,78	12,94	69	1946	7,56	
32	1983	10,69	12,14	70	1945	6,63	
33	1982	10,63	11,74	71	1944	7,25	
34	1981	10,36	11,28	72	1943	6,91	
35	1980	9,75	10,94	73	1942	7,09	
36	1979	9,11	12,13	74	1941	6,22	
37	1978	9,44	11,32	75	1940	6,17	
38	1977	8,83	10,71	Rata-rata		11,73	14,09

Berdasarkan hasil penelitian terlihat jelas bahwa konsentrasi logam yang berada di daerah *leeward* lebih tinggi dibanding daerah *windward*, hal ini diduga karena posisi daerah *leeward* berhadapan langsung dengan daratan teluk Banten sehingga pengaruh antropogenik yang masuk ke perairan akan lebih banyak terserap di daerah tersebut dibanding daerah *windward* yang lebih terekspos oleh ombak dengan tipe pertumbuhan karang fringing reef yang tersebar disepanjang tepi pulau, sehingga memungkinkan untuk logam tersebar di setiap jenis karang yang ada di daerah tersebut. Gelombang yang ada dibagian pantai utara (*windward*) Pulau Tunda juga bukan tipe gelombang yang dapat menghasilkan arus menyusur pantai yang bergerak secara kontinyu sehingga kecil kemungkinan akan terjadi penumpukan material sedimen dan bahan-bahan pencemar pada bagian utara pulau.

IV. KESIMPULAN

Konsentrasi logam berat Pb pada perairan pulau Tunda dapat dilihat berdasarkan pita tahunan karang *Porites lutea* di pulau tersebut, dimana konsentrasi Pb yang diperoleh mengalami peningkatan yang bervariasi. Akumulasi logam berat Pb daerah yang menghadap (*windward*) angin konsentrasi polutannya lebih rendah dari pada yang tertutup oleh angin (*leeward*).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan biaya penelitian oleh Hibah Pasca 2014 IPB, sesuai MAK : 2013.109.524111 dan Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi Badan Teknologi Nuklir Nasional (BATAN), Jakarta Selatan yang telah memberikan bantuan berupa penggunaan laboratorium dan alat-alatnya dalam rangka penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abelson, A., R. Olinsky, and S. Gaines. 2005. Coral recruitment to the reefs of Eilat, Red Sea: temporal and spatial variation, and possible effects of anthropogenic disturbances. *J. Marine Pollution Bulletin*, 50(5):576-582.
- Al-Rousan, S.A., R.N. Al-Shloul, F.A. Al-Horani, and A.H. Abu-Hilal. 2007. Heavy metal contents in growth bands of *Porites* corals: record of anthropogenic and human developments from the Jordanian Gulf of Aqaba. *J. Marine Pollution Bulletin*, 54(12):1912-1922.
- Ali, A.H., M.A. Hamed, and H.A. El-Azim. 2010. Heavy metals distribution in the coral reef ecosystems of the Northern Red Sea. *J. Helgoland Marine Research*, 65(1):67-80.
- Arman, A., N.P. Zamani, dan T. Watanabe. 2013. Studi penentuan umur dan laju pertumbuhan terumbu karang terkait dengan perubahan iklim ekstrim menggunakan sinar-X. *A Science J. for The Application of Isotops dan Radiasi*, 9:1-10.
- American Public Health Association (APHA). 2012. Standard methods for the examination of waters and wastewaters. 22nd ed. Part 3000 APHA. Washington. 3-7pp.
- Bachtiar, R. 2008. Perekaman suhu permukaan laut dan kandungan logam dengan teknik *Sclerochronology* terumbu karang. Tesis. Program Pasca Sarjana IPB. Bogor. 106hlm.
- Bastidas, C. and E. Gracia. 1999. Metal content on the reef coral *Porites asteroides*: an evaluation of river influence dan 35 years of chronology. *J. Marine Pollution Bulletin*, 38:899-907.
- Chan, I., J.J. Hung, S.H. Peng, L.C. Tseng, T.Y. Ho, and J.S. Hwang. 2014. Comparison of metal accumulation in the azooxanthellate scleractinian coral (*Tubastraea coccinea*) from different

- polluted environments. *J. Marine Pollution Bulletin*, 85(2):648-658.
- Chen, T.R., K.F. Yu, S. Li, G.J. Price, Q. Shi, and G.J. Wei. 2010. Heavy metal pollution recorded in *Porites* corals from Daya Bay, northern South China Sea. *J. Marine Environmental Research*, 70(3-4):318-326.
- Darmono. 1995. Logam dalam biologi makhluk hidup. UI-Pres. Jakarta. 98hlm.
- David, C.P. 2003. Heavy metal concentrations in growth bands of corals: a record of mine tailings input through time (Marinduque Island, Philippines). *J. Marine Pollution Bulletin*, 46:187-196.
- Edinger, E.N., K. Azmy, W. Diegor, and P.R. Siregar. 2008. Heavy metal contamination from gold mining recorded in *Porites lobata* skeletons, Buyat-Ratotok district, North Sulawesi, Indonesia. *J. Marine Pollution Bulletin*, 56(9):1553-1569.
- El-Moselhy, K.M., A.I. Othman, H. Abd El-Azem, and M.E.A. El-Metwally. 2014. Bioaccumulation of heavy metals in some tissues of fish in the Red Sea, Egypt. *Egyptian Basic Applications Science*, 1(2):97-105.
- Esselemont, G., V.J. Harriott, and D.M. McConchie. 1999. Variability of trace-metal concentrations within and between colonies of *Pocillopora damicornis*. *J. Marine Pollution Bulletin*, 40:637-642.
- Esselemont, G. 2000. Heavy metals in seawater, marine sediments and corals from the Townsville section, Great Barrier Reef Marine Park, Queensland. *J. Marine Chemical*, 71(3-4):215-231.
- Falkowski, P.G., P.L. Jokiel, and R.A. Kinzie. 1990. Irradiance and corals. In: Dubinsky, Z. (ed.). *Ecosystems of the World. J. Coral Reefs*, 25:89-107.
- Fallon, S.J., J.C. White, and M.T. MacCulloch. 2002. *Porites* corals as recorder of mining and environmental impacts: Misima Island, Papua New Guinea. *J. Geochimica et Cosmochimica Acta*, 66:45-62.
- Felis, T., and J. Patzold. 2004. Climate Reconstruction from Banded Coral. In: M. Shiyomi *et al.* (ed.). *Global Environmental Change from Ocean and Land*. USA. 205-277pp.
- Ferrier-Pages, C., F. Boisson, D. Allemand, and E. Tambutte. 2002. Kinetics of strontium uptake in the scleractinian coral *Styophora pistillata*. *J. Marine Ecology Progress Series*, 245:93-100.
- Goh, B.L. 1991. Mortality and settlement success of *Pocillopora damicornis* planula larvae during recovery from low levels of nickel. *J. Pacific Science*, 45:276-286.
- Guzman, H.M. and C.E. Jimenez. 1992. Contamination of coral reefs by heavy metals along the Caribbean coast of Central America (Costa Rica and Panama). *J. Marine Pollution Bulletin*, 24(11): 554-561.
- Hanna, R.G. and G.L. Muir. 1990. Red sea corals as biomonitors of trace metal pollution. *J. Environmental Monitoring and Assessment*, 14: 211-222.
- Harland, A.D. and B.E. Brown. 1989. Metal tolerance in the scleractinian coral *Porites lutea*. *J. Marine Pollution Bulletin*, 20:353-357.
- Heyward, A.J. 1988. Inhibitory effects of copper and zinc sulphates on fertilization in corals. *Proc 6th Int Coral Reef Symp Aust*, 2: 299-303.
- Helmle, K.P., K.E. Kohler, and R.E. Dodge. 2012. Relative optical densitometry and the coral x-radiograph densitometry system: coral XDS. Presented Poster (Omitted from Abstract Book, but Included in Program), Int. Soc. Reef Studies European Meeting. Cambridge, 9-13 July 2012.
- Howard, L.S. and B.E. Brown. 1984. Heavy metals and reef corals. *J. Oceanographic Marine Biology*, 22:195-210.
- IAEA. 1992. Sampling and analytical methodologies for instrumental neutron acti-

- vation analysis of airborne particulate matter. International Atomic Energy Agency. Vienna. 56p.
- Jayaraju, N., B.C. Sundara, and K.R. Reddy. 2009. Heavy metal pollution in reef corals of Tuticorin Coast, Southeast Coast of India. *J. Soil, Sedimen, Contamination*, 18(4):445-454.
- Lalang, N.P. Zamani, dan A. Arman. 2014. Perbedaan laju pertumbuhan karang *Porites lutea* di windward dan leeward Pulau Tunda. *J. Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 5(2):111-116.
- Manuputty, A.E. 2002. Karang lunak (soft coral) perairan Indonesia. LIPI. Jakarta. 186hlm.
- Mitchelmore, C.L., E.A. Verde, and V.M. Weis. 2007. Uptake and partitioning of copper and cadmium in the coral *Pocillopora damicornis*. *J. Aquatic Toxicology*, 85:48-56.
- Mokhtar, M.B., S.M. Praveena, A.Z. Aris, O.C. Yong, and A.P. Lim. 2012. Trace metal (Cd, Cu, Fe, Mn, Ni dan Zn) accumulation in Scleractinian corals: a record for Sabah, Borneo. *J. Marine Pollution Bulletin*, 64(11):2556-2563.
- Palar, H. 2008. Pencemaran dan toksikologi logam berat. Rieneka Cipta. Jakarta. 136hlm.
- Pastorok, R.A. and G.R. Bilyard. 1985. Effects of sewage pollution on coral-reef communities. *J. Marine Ecology Progress Series*, 21:175-189.
- Patterson, C.C., D. Settle, and B. Glover. 1976. Analysis of lead in polluted coastal seawater. *J. Marine Chemical*, 4:305-319.
- Ramos, A.A., Y. Inoue, and S. Ohde. 2004. Metal contents in *Porites* corals: anthropogenic input of river run-off into a coral reef from an urbanized area, Okinawa. *J. Marine Pollution Bulletin*, 48(3-4):281-294.
- Rompas, M.R. 2010. Toksikologi Kelautan. Sekretariat Dewan Kelautan Indonesia. Jakarta Pusat. 95hlm.
- Sabdono, A. 2009. Heavy metal levels and their potential toxic effect on coral *Galaxea fascicularis* from Java Sea, Indonesia. *J. Research Environmental Science*, 3(1):96-102.
- Susetyo, W. 1984. Instrumentasi kimia II spektrometri gamma. Pusat Pendidikan dan Latihan Badan Tenaga Atom Nasional. Jakarta. 508hlm.
- Shen, G.T., E.A. Boyle, and D.W. Lea. 1987. Cadmium in corals as a tracer of historical upwelling and industrial fallout. *J. Nature*, 328:794-796.
- Shen, G.T. and E.A. Boyle. 1988. Determination of lead, cadmium, and other trace metals in annually-banded corals. *J. Chemical Geology*, 67:47-62.
- Wang, B., N.F. Goodkin, N. Angeline, A.D. Switzer, C. You, and K. Huguen. 2011. Temporal distributions of anthropogenic Al, Zn and Pb in Hong Kong *Porites* coral during the last two centuries. *J. Marine Pollution Bulletin*, 63:508-515.
- Yanney. 2001. Ekologi Tropika. Penerbit ITB Press. Bandung. 201hlm.
- Diterima* : 5 Mei 2015
Direview : 3 Juni 2015
Disetujui : 17 Juni 2015

